

МЕХАНИКА ГОРНЫХ ПОРОД

УДК 622.831

DOI:10.7242/echo.2021.4.4

ОЦЕНКА СТЕПЕНИ НАГРУЖЕНИЯ МЕЖДУКАМЕРНЫХ ЦЕЛИКОВ НА ГРАНИЦЕ ВЫРАБОТАННОГО ПРОСТРАНСТВА

П.А. Глебова

Горный институт УрО РАН, г. Пермь

Аннотация: Методами математического моделирования с целью оценки снижения нагрузки и степени нагружения междукамерных целиков, расположенных на границе выработанного пространства, проведен анализ распределения вертикальной нагрузки. Для сравнительной оценки анализ проводился как с учетом выполнения условий полной подработки, так и в случае границы выработанного пространства. Полученные в ходе моделирования результаты отмечают разгрузку целиков, расположенных в непосредственной близости к неотработанному массиву.

Ключевые слова: математическое моделирование, горное давление, степень нагружения, междукамерные целики, условия полной подработки.

Определение степени нагружения междукамерных целиков как показателя их несущей способности является важным фактором при выборе параметров системы разработки рудника с целью обеспечения безопасности горных работ.

Степень нагружения целиков, согласно нормативным документам [1], определяется как отношение действующей средней вертикальной нагрузки P к их расчетной несущей способности Q [2]:

$$C = \frac{P}{Q}, \quad (1)$$

Задача определения вертикальной нагрузки на элементы камерной системы разработки является важной составляющей в вопросе безопасности рудника и включает в себя множество задач, некоторые из которых остаются не до конца изученными [3].

Процесс распределения вертикальной нагрузки между целиками зависит непосредственно от характера подработки месторождения. При больших пролетах выработанного пространства L междукамерные целики располагаются в зоне полной подработки и нагрузка на них определяется весом всей налегающей толщи пород (рис. 1). В этом случае давление на целики определяется согласно методике Турнера – Шевякова [4, 5], весом столба пород от кровли залежи до земной поверхности, ограниченного осями симметрии камер, прилегающих к целику:

$$P = \frac{\gamma \cdot H \cdot (a + b)}{b}, \quad (2)$$

где b – ширина целика; a – ширина камеры; γ – объемный вес пород; H – глубина ведения горных работ.

Ограниченный пролет выработанного пространства L относительно глубины отработки H приводит к разгрузке междукамерных целиков. Целики испытывают нагрузку лишь от части полного веса всей налегающей толщи под некоторым сво-

дом (рис. 2). При этом оставшаяся нагрузка приходится на неотработанный массив. Условия подработки земной поверхности могут варьироваться в зависимости от конкретного месторождения. Как правило, они характеризуются отношением выработанного пространства к глубине отработки. Например, для Верхнекамского месторождения калийных солей отношение оценивается значением 1.4. При $L \geq 1.4 H$ и $L < 1.4 H$ выполняются соответственно условия полной и неполной подработок [1].

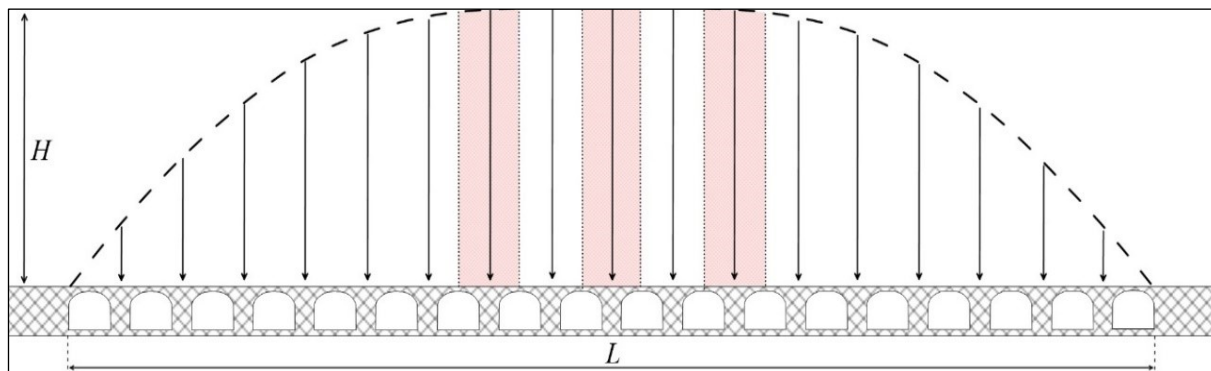


Рис. 1. Распределение нагрузки в условиях полной подработки

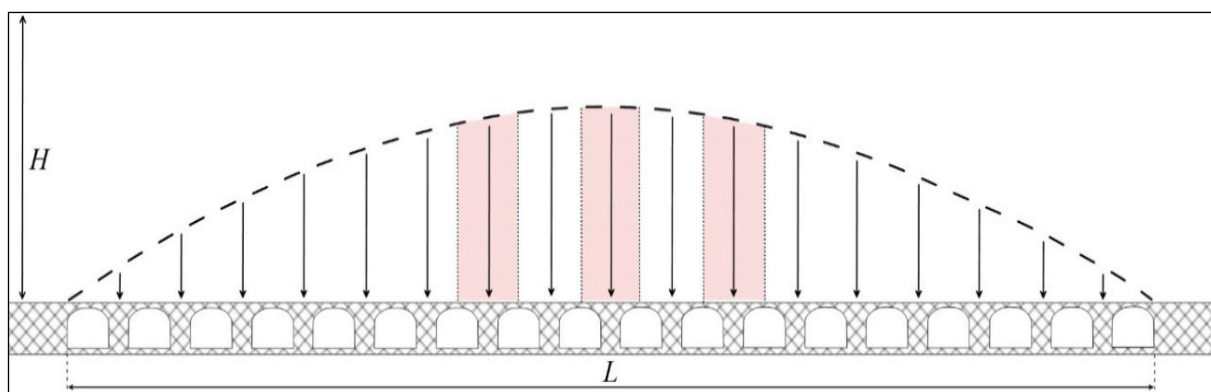


Рис. 2. Распределение нагрузки в условиях неполной подработки

Стоит отметить, что, целики, находясь в относительной близости к неотработанному массиву, вне зависимости от размера выработанного пространства L испытывают нагрузку лишь от части полного веса вышележащих пород. Это объясняется повышенной жесткостью и несущей способностью массива в сравнении с междукамерными целиками.

Целью данных исследований являлась оценка снижения нагрузки и степени нагружения междукамерных целиков, расположенных на границе выработанного пространства.

Рассматривался вариант камерной системы разработки междукамерными целиками шириной $b = 5.5$ м. Ширина очистных камер принималась равной $a = 6.2$ м. Глубина ведения горных работ составляла $H = 320$ м, вынимаемая мощность $-m_0 = 5.1$ м. При этом целики обрабатываемого пласта слагались породами с одинаковыми механическими свойствами. Расчетная несущая способность междукамерных целиков Q при принятых параметрах отработки составляла 43 МПа.

Математическое моделирование проводилось в упругой постановке для условий плоского деформированного состояния. Численная реализация осуществлялась мето-

дом конечных элементов [6]. Для сравнения геомеханические расчеты выполнялись как для целиков, расположенных в зоне полной подработки, так и в случае расположения на границе выработанного пространства. Расчетные схемы для обоих вариантов представлены на рис. 3а и 3б соответственно.

Была проведена оценка распределения нагрузки, сводящаяся к анализу напряженного состояния целиков. Приходящаяся на целики средняя нагрузка P определялась действующими в целиках вертикальными напряжениями σ_y .

В случае применения системы междукамерных целиков с учетом выполнения условий полной подработки средняя нагрузка, приходящаяся на целик, оценивалась 14.9 МПа (рис. 4) и соответствовала оценкам, выполненным по формуле (2). При этом степень нагружения целиков, согласно формуле (1), составила 0.345.

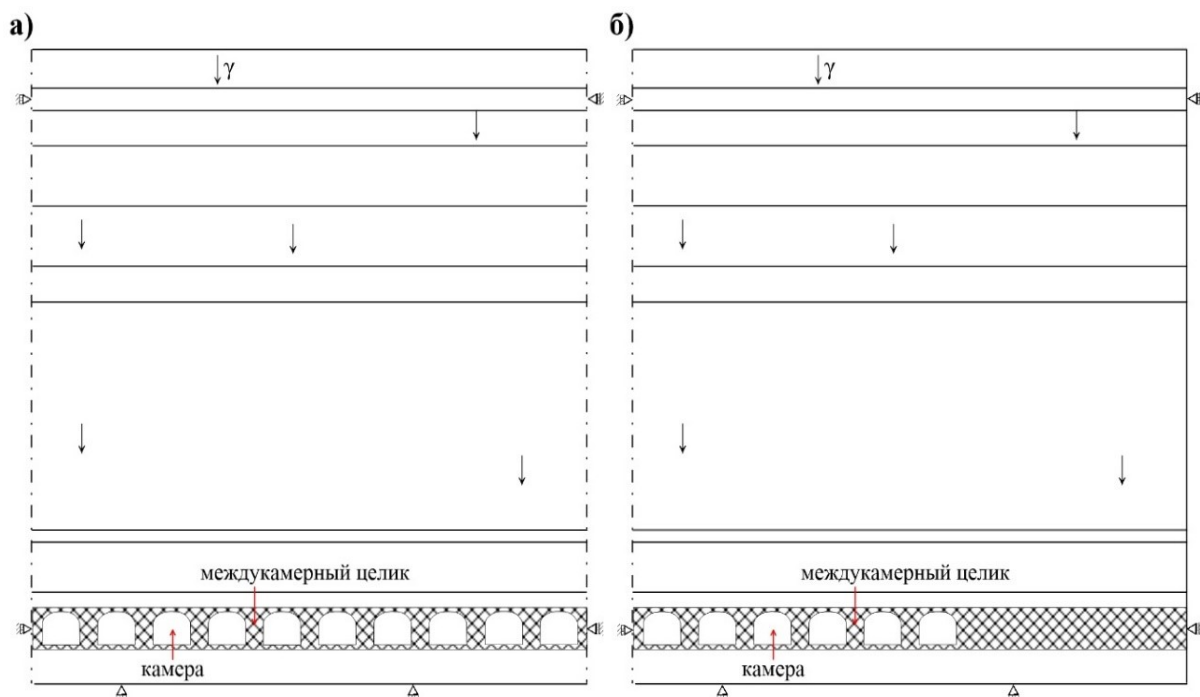


Рис. 3. Расчетная схема для условий полной подработки (а), на границе выработанного пространства (б)

Анализ напряженного состояния целиков, расположенных на границе выработанного пространства (рис. 5), показал, что по мере приближения к неотработанному массиву междукамерные целики испытывают разгрузку, которая может достигать 10%. Так, ближайший к неотработанному массиву междукамерный целик испытывает нагрузку, равную 13.5 МПа. При этом его степень нагружения снижается до 0.313. По мере удаления от неотработанного массива нагрузка на междукамерные целики возрастает и стремится к значению нагрузки, приходящейся на целики в условиях полной подработки. Степень нагружения целиков изменяется аналогичным образом.

Полученные результаты позволяют получить более адекватную количественную оценку степени нагружения междукамерных целиков, расположенных у границ выработанного пространства, что представляет практический интерес при анализе процесса разрушения несущих элементов камерной системы разработки.

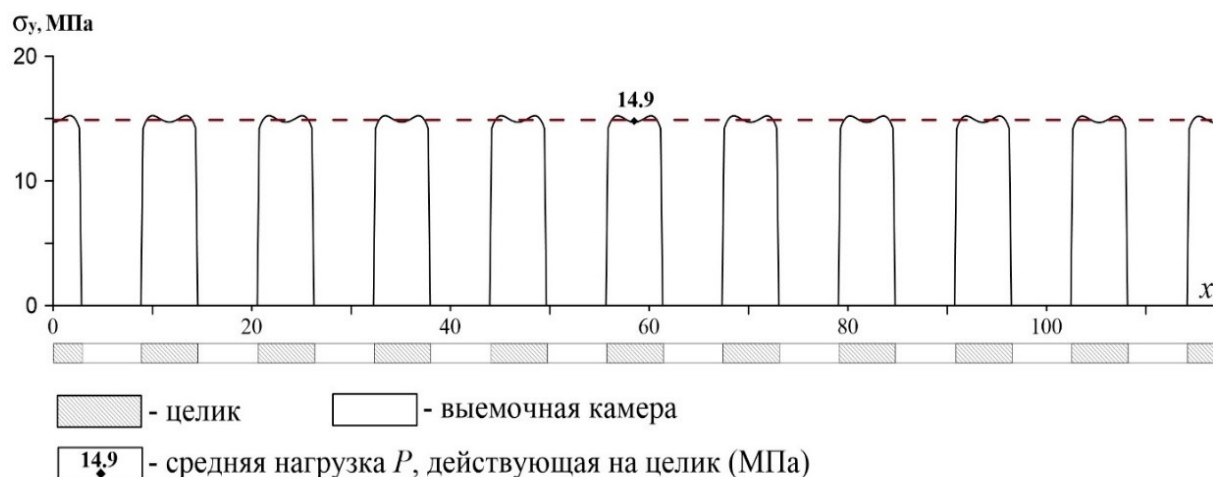


Рис. 4. Распределение вертикальной нагрузки с учетом выполнения условий полной подработки

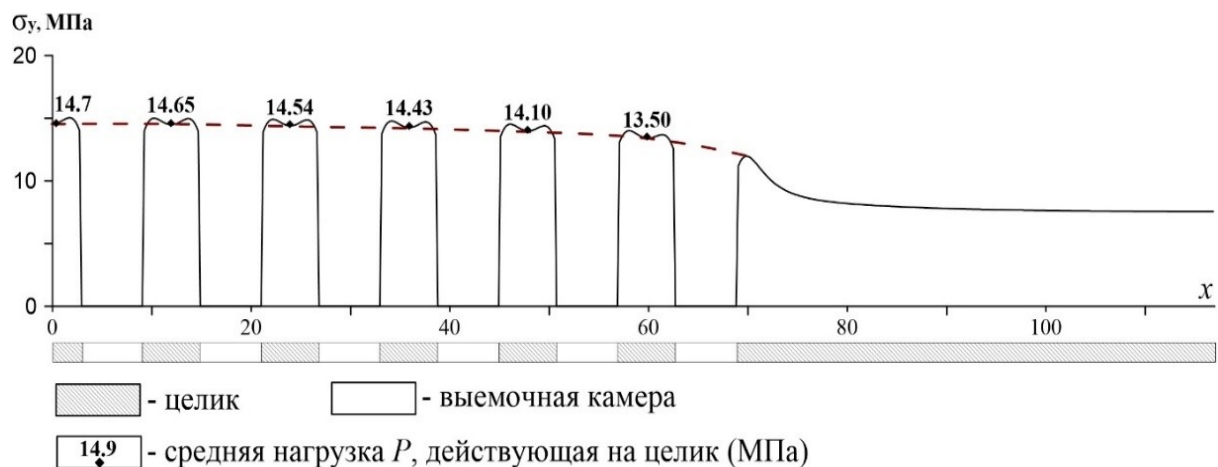


Рис. 5. Распределение вертикальной нагрузки на границе выработанного пространства

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Указания по защите рудников от затопления и охране подрабатываемых объектов на Верхнекамском месторождении калийно-магниевых солей: утв. ПАО «Уралкалий», ЗАО «Верхнекамская калийная компания», ООО «ЕвроХим-Усольский Калийный комбинат». – введ. в действие 30.03.2017 в ред. 2014 г. – Пермь; Березники, 2014. – 130 с.
2. Барях А.А., Самоделькина Н.А. К расчету устойчивости целиков при камерной системе разработки // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. – 2007. – № 1. – С. 11-20.
3. Глебова П.А. Влияние барьерных целиков на степень нагружения элементов камерной системы разработки // Горное эхо. – 2020. – № 1 (78). – С. 31-36. DOI: 10.7242/echo.2020.1.7.
4. Шевяков Л.Д. О расчете прочных размеров и деформаций целиков // Изв. АН СССР, Отд. техн. наук. – 1941. – № 7-9. – С.
5. Tournaire M. Des dimensions a donner aux pilliers des carriers et des Pressions auxquelles les terrains sont soumis dans les profondeurs // Annales des mines. – Paris, 1884. – V. 5. – P. 415-429.
6. Зенкевич О. Метод конечных элементов в технике. – М.: Мир, 1975. – 541 с.: ил.